



心电图讲义

甘肃省人民医院内科心血管小组编

一九七三年一月

目 录

第一章	心脏的解剖结构	(1)
第二章	心电产生的基本原理概述	(4)
第三章	容积导电与导联	(9)
第四章	心电轴与心室复极差力	(16)
第五章	正常心电图	(19)
第六章	房室肥大的心电图诊断	(26)
第七章	左右束支传导阻滞和预激症候群	(31)
第八章	冠心病的心电图诊断	(36)
第一节	心肌梗塞的心电图诊断	(36)
第二节	慢性冠状动脉机能不全的心电图诊断	(44)
第九章	肺原性心脏病及心肌炎、心包炎的心电图诊断	(47)
第十章	电解质紊乱与药物影响的心电图改变	(49)
第十一章	心律失常总论	(53)
第一节	心肌的生理特性和病理生理	(53)
第二节	心律失常的心电图分类	(59)
第十二章	窦性心律失常	(62)
第十三章	被动性异位节律	(67)
第十四章	主动性异位节律	(71)
第一节	早搏	(71)
第二节	阵发性心动过速	(76)
第三节	扑动与颤动	(80)
第十五章	干扰和脱节	(85)
第十六章	心脏传导阻滞	(87)
第十七章	心律失常的心电图描记和分析方法	(92)
(附) 一、	正常P—R间期最高时限	(94)
二、	正常Q—T间期及其最高时限	(95)
三、	R—R间期心率对照表	(96)
四、	Master氏二级梯运动测验登梯次数表	(97)

第一章 心脏的解剖结构

心脏位于胸腔中纵隔，约三分之二在身体正中线的左侧。其外为心包所围蔽。心包分脏壁二层。脏层为一单层扁平上皮，紧贴于心之外表，故又称心外膜。壁层较厚由外层纤维结缔组织和内层扁平细胞所构成。脏壁二层于大血管根部相移行，共同构成一封闭的浆膜腔，叫做心包腔，其内正常有少许液体，称心包液。心包之壁层两侧与纵隔胸膜相贴，前方靠近胸骨体和其邻近之肋软骨，其间有脂肪组织充填。后下方和膈肌愈着，上方止于大血管根部。

心脏的外形颇似一前后扁平的圆锥体。其较宽的朝上一端为底，圆钝的尖向左前方延伸。正常人心尖的位置从体表投影，相当于左第五肋间锁中线内侧一厘米左右。心尖游离，心底部发出粗大的血管干而被固定。心分两面及两缘，前面也叫胸肋面，后面又称膈面；两缘即左缘和右缘，左缘又叫外侧壁。

心脏表面有一条横的冠状沟，分隔心房及心室，前方在肺动脉和主动脉根部中断。心前面稍偏左有一条纵沟，叫前纵沟或前室间沟，后面亦有一后纵沟，即后室间沟。前后室间沟为左右心室在心表面的界线，亦即室间隔的前后标志。从前室间沟的位置可以看出，心尖实际由左室所构成，心之前面主要为右室所占据。

一、心脏的内部结构

心脏内部有左、右心房和左、右心室四个空腔，以及分隔心房的房间隔和分隔心室的室间隔。现在分述如下：

右心房 可视为一有六个壁的腔。右心房有三条静脉开口，即：上腔静脉开口于上壁；下腔静脉与冠状窦开口于下壁。其内侧壁为房间隔，前壁即房室孔。在前壁和上壁连接处，有一向前方伸出的右心耳。

右心室 右心室为一三角形锥体，有三壁，一基底和一尖端。三壁即：前壁，接胸骨及肋软骨；下壁或称膈肌壁；内壁即室间隔。尖顶为海绵状组织，基底被房室孔和肺动脉孔所占据。

房室孔是右心房室间的通道。其外围以纤维结缔组织的环，称纤维环。纤维环之内缘，附有似膜帆状的三个瓣膜、分别称前尖瓣，后尖瓣和内侧尖瓣（隔侧尖瓣）。三个尖瓣的游离缘分别有腱索相连。此腱索发自心室壁突入室腔之乳头肌。

右心室内腔并不光滑，有肌小梁错综分布，大者形成许多肉柱，更大者即为乳头肌。右心室内有三组乳头肌，每个乳头肌尖端发出腱索，分别止于相邻的两个瓣膜。这种装置保证了血液的定向流动，防止逆行入心房。

在右室前壁上方与室间隔之间有一束突起的弓状肌束，称室上嵴。此嵴将右心室划分为其下的固有室腔与其上的肺动脉漏斗部。此部在右心室表面突起，称肺动脉圆锥。

肺动脉孔适于主动脉孔之前方，且平面略较主动脉孔为高。在口之周缘亦有一纤维环，环上有三个瓣膜，即前、左、右半月瓣。与半月瓣相对的肺动脉壁上有三个凹陷，称肺动脉

窦。

左心房 亦为六壁之腔。外壁有左心耳向前延伸至肺动脉左侧。内壁即房间隔。后壁四角有四个肺静脉的入口，前壁组成二尖瓣孔。

左心房位于心脏之左后上方。从前方仅能看到左心耳，而从后方观，则暴露甚为清楚。

左心室 左心室为一扁平锥体。左壁构成心之左缘，右壁由室间隔组成。左室壁之肌肉远比右室为厚。锥体之尖端构成心尖，基底部被左房室孔和主动脉孔所占据。

左房室孔亦围以纤维环，在纤维环的内缘附有二尖瓣。二尖瓣分为前内侧的大瓣（主瓣）和后外侧的小瓣（付瓣），两瓣间裂隙为二尖瓣孔。在二瓣之游离缘，有腱索相连。这些腱索来自左心室壁之前后乳头肌，此二乳头肌各发出腱索，分别与两个尖瓣相对部位相连。左室内亦有肉柱和小梁，同右室腔内形态相似。

主动脉孔位于二尖瓣之右前方，肺动脉孔之后方。其周亦有纤维环。主动脉孔周，有三个主动脉半月瓣，分成左、右、后三个半月瓣。在三个半月瓣相对的升主动脉壁上，有三个向外凹陷的主动脉窦（或叫做乏氏窦），左右主动脉窦处，各有一孔，即为由主动脉发出的、供应心脏营养的左右冠状动脉的开口。

心脏的间隔 为一分隔左右心腔的结构，由肌肉和纤维结缔组织共同组成。

房间隔 略成长方形，高大于宽，其右房面中央部有一卵圆窝，此处中心厚仅1毫米，是房间隔最薄弱处。它由纤维组织所构成，而房间隔其余部分皆有心肌组织。

室间隔 侧面呈三角形，其上部中央有一薄弱区，，称膜部，亦只有纤维组织，而无心肌。其余部分则由心肌构成，向下心肌更加增厚，将两心室分开。

心壁的结构

心壁由心外膜，心肌和心内膜所构成。心内膜为一光滑的衬里，由单层扁平上皮和一薄层结缔组织所构成。正常表面光滑，以减少摩擦和防止血液凝固。心内膜有四处环形反折，形成主、肺动脉孔之半月瓣和房室孔之二、三尖瓣。心外膜即心包脏层，前已述及。心肌为分支吻合的横纹肌。房肌薄而室肌厚，尤以左室为甚。心肌被纤维支架分隔，此纤维支架构成两个动脉孔和两个房室孔的纤维环，以及房室的膜性隔。房肌和室肌由于分割而彼此独立，仅通过房室结，房室束以及束支相连。心室肌分成浅深二层，以特殊的螺旋式环绕室腔，收缩时使心脏缩小，以排空血液。

二、传导系统

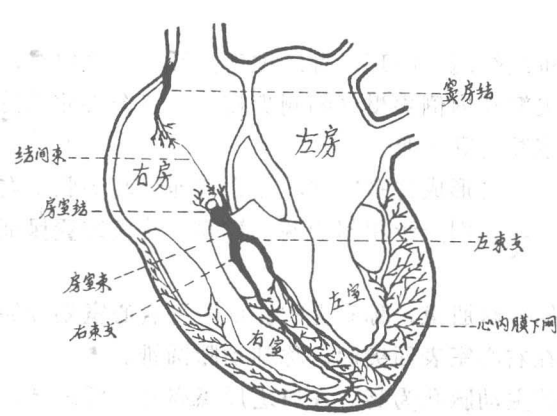


图1-1 心脏传导系统图解

或称结系统，是由特殊的心肌组织所构成。传导系统包括窦房结、房室结、房室束、左右束支，心内膜下网以及心肌内网。

窦房结 形态略似逗点符号，长约7毫米，分头、体、尾三部分，头部宽约5毫米，体、尾约2毫米。位于右心房上腔静脉入口与右心耳之间的界沟的后上方。起始于心外膜下，向左后下方行走，止于心内膜下。窦房结自律性最强，是心脏第一级节奏点。

房室结 呈棒状，长约5毫米，宽约2—3毫米，位于房间隔和室间隔交界处，其

顶端恰位于冠状窦口的右前下方，所以顶端部分也叫做冠状结。从房室结顶端有2—10条长约1—3毫米的线状传导纤维连接于心房肌。除冠状结外，房室结又可分为上、中、下三部分。上结位于房间隔，中结位于房室间隔连接处，下结接近于室间隔膜部，其下端直接延续为房室束。

直至不久以前，一般认为房室结与窦房结之间没有特殊的传导纤维相连接，窦房结的激动通过心房肌传递到房室结，再传向房室束。

近年来电生理和纤维结构研究表明，窦房结与房室结之间存在有三束传导束，分别名为前、中、后结间束。前结间束分二支，一支到左房，另一支与中、后二结间束分别到达房室结的上部和下部。激动由窦房结发出后，通过上述结间束传导到心房和房室结。动物实验观察到当心房肌麻痹后，激动仍可传至房室结，此时在心电图上却不出现p波。这一现象也证实结间传导纤维的存在。

房室束长约10—20毫米，宽约1—3毫米，位于室间隔膜部的后侧，向前稍左朝心尖方向延伸，末端分成两大支，即左、右束支，分叉骑跨于室间隔上缘。

左、右束支，心内膜下网和心肌内网

左束支，呈带状，宽约2—3毫米，厚约0.5—1毫米，穿越室间隔后，立即分出数小支进入室间隔左侧壁，主干继续下行约20—40毫米后，分成前主支和后主支，分别行至左室前后乳头肌，不断分支，互相吻合，成为心内膜下网，遍布左心室内膜下层。

右束支呈索状，长约10—20毫米，直径1—3毫米，于室间隔右侧深部，向前行至近心尖处才分支，其中一支由原路折回进入室间隔右侧壁，其余行至前乳头肌处又分成若干支，先后到达前后乳头肌，再分成众多的细支，互相吻合，形成心内膜下网。

近年来研究认为，心内膜下网分支直接伸入心肌层，直到心外膜下，形成心肌内网。

其他传导组织：某些研究还认为，部分人的房室间另有传导束，总称房室副束，如起自房室结或房室束下端的右后部分，到达右心室侧壁的所谓“肯特氏束”；又如起始心房，越过房室沟走向右室侧壁或后壁的侧副束或后副束，并认为此系发生不同类型的“预激症候群”的解剖基础。

此外，尚有认为在心肌中散在有类似传导系统组织结构的肌组织，统称为“结小岛”。

神经支配

传导系统接受迷走神经和交感神经支配。右侧迷走神经和交感神经主要支配窦房结和左右心房，而左侧神经纤维，则多支配房室结。心室只有交感神经而无迷走神经支配。

三、心脏的血液供应

心脏本身的血液供应，来自左右冠状动脉。此二冠状动脉分别起始于升主动脉根部的左右主动脉窦。左冠状动脉于肺动脉起始部与左心耳之间，立即分为两个主支，即旋支和降支。降支亦叫前室间支，沿前室间沟走向心尖，并发出大支到左室，发出小支到右室。旋支略小，循冠状沟向左向后行走，直到心脏的后面，大部分营养左室壁，少部分营养左房壁。右冠状动脉由主动脉发出后，在肺动脉起始部与右心房之间行走，进入冠状沟，起始被右心耳遮盖，再向右向后，到达后室间沟，途中发小支到右房，发大支到右室。

总之，右冠状动脉营养右心壁的大部分，心间隔的后半，左室后壁一部分及其内的后乳头肌。左冠状动脉分支供应左室其余部分，心间隔的前半部分，也营养右室前壁接近室间隔的一狭长地带。

对传导组织的血液供应这里再作一介绍。窦房结多由右冠状动脉供应，房室结和房室束一般由两侧冠状动脉供应。右束支及其后的分支，右心内膜下网的血液来源于右冠状动脉，而右束支向前的分支，左束支和左心内膜下网的血液供应，则来自左冠状动脉。

冠状动脉的分支在心肌内有细小分支互相吻合。这些小分支有的仅是毛细血管，一旦在心肌梗塞发生后，它们就可能成为梗塞区域心肌血液供应的唯一来源，而逐步甚至迅速扩大。

由心脏回流的静脉，有分别位于前、后室间沟和右侧冠状沟的心大、中、小静脉，以及心房壁的一些小静脉。这些静脉于心脏后面的冠状沟内汇合成冠状窦，注入于右心房的下壁。此开口即为冠状窦口，其前下方围以冠状窦瓣。

第二章 心电产生的基本原理概述

一、生物电

任何有生命的细胞组织，在其活动时产生电位变化，转而产生电流。这种由于细胞组织生命活动所产生的电流，称为生物电。心脏在收缩舒张机械活动之前，就先有相应的电活动，此即心脏的生物电。心电图就是研究心脏生物电在临床诊断中应用的一门科学。

动物实验证实，心肌细胞在休息状态时，细胞内的电位为负80—90mV。当细胞开始活动时，电位迅速增高，可达正20—40mV；细胞活动静止下来，电位又逐渐降低，直至恢复到先前休息状态时那样。细胞活动过程中电位变化，是细胞内外钾、钠离子潮流的结果。心电图学一直沿用的“胞膜学说”就是根据这一现象而提出的，用以解释心电图的形成。

二、除极与复极

除极 “胞膜学说”认为，细胞在休息状态时，细胞内外分布有数量相当但极性相反的离子，阴离子在内，阳离子在外，由于具有绝缘性能的细胞膜的隔离，两者不能相互来往。这样，细胞膜外任何部位的电位是相等的。用电流计测定任意两点，由于不存在电位差，也就不产生电流。细胞的这种状态，被称为极化状态。

当极化状态的细胞受到刺激时，受刺激的一点，细胞膜暂时失去绝缘性，细胞外的阳离子进入细胞内，细胞膜外相对正电位变为负电位，而膜内的负电位变为正电位，这一刹那间的变化即所谓除极作用。此时邻近尚未除极的细胞膜外仍为相对正电位，已除极部位和尚未除极部位的细胞膜外，便有了电位差，阳离子通过已除极部位的细胞膜进入细胞内，使除极继续向前推进。如果以电流计测定这两部位，就会证实有电流形成。在电学上称已除极部位细胞膜外的负电位为电穴，尚未除极的细胞膜外相对正电位为电源，电源和电穴组成电偶。电源的阳离子流向电穴，本身又成为电穴，而前面的部位则成为电源，于是这一部位也进行了除极。这样的过程扩展到整个细胞，直至全部除极为止，这就是细胞的除极过程。从电学角度来看，细胞的除极过程亦即是一系列电源在前，电穴在后的电偶移动。移动的电偶，意味着生物电的产生。

心肌细胞经过除极，细胞膜外正电位全部丧失，细胞在这一瞬间所处的状态称为除极状

态（兴奋状态），此时细胞膜各部位电位在新的情况下，出现了新的平衡，在新的水平上相等，电偶不再发生，生物电的产生也就停止了。

复极 除极状态的细胞通过新陈代谢，细胞膜开始恢复其绝缘性能，使正负离子恢复至极化状态，这一过程叫做复极。复极时，首先开始复极的部位，阳离子又到细胞膜外，细胞膜外就恢复了正电位（电源），而其邻近尚未复极的部位，仍处于负电位（电穴），这样，又形成了电偶的移动。复极过程的电偶移动与除极过程的电偶移动不同之点是：其电偶电荷方向是相反的。除极时电源在前，电穴在后，复极时则相反，电穴在前，电源在后。与除极过程相比较，复极过程是比较缓慢的，因而所需的时间也较除极为长。

细胞通过复极，又恢复到极化状态（休息状态），电偶活动也就停止。所以说，生物电是细胞除极和复极过程的产物。

三、心电向量

如果在细胞除极过程中，将电极置于其刺激点的对侧，就可发现除极开始时，电流计可测得一正电位，随着除极电偶的临近，正电位迅速增高，直至全部除极电偶消失，正电位也就消失。复极开始后电流计又重新记录到一逐渐加大的负电位，持续到复极结束，电流计即回到等电位线。将此除极与复极的电位描记成曲线，即为一正的除极波和一负的复极波。如果将电极放置于刺激点的同侧，可记录一与上述极性相反的曲线，即负的除极波和正的复极波。如果把电极置于细胞两端之中间，所录的曲线，将是先正后负的除极波和先负后正的复极波。为什么同一除极复极过程而却描出三种不同的曲线呢？显而易见，这是由于电流计之电极放置于不同部位的结果。第一种情况电流是面对电极而来；第二种情况是背向电极而去；第三种情况是：先面向电极而后又背向电极。

这就说明了生物电不仅有量，而且有方向性的特性。在物理学上，这样性质的力量称向量，可以用“箭”（ $\rightarrow$ ）符号表示之，箭的长短代表其量的大小，箭头所指的方向代表向量的方向。心脏所产生的生物电既有量的改变，又有方向的变化，所以称之为心电向量。

四、心电综合向量

心脏是由无数心肌细胞组成的一个立体合体，具有特殊形态的解剖结构，而其除极过程和复极过程，亦有其独特的程序。因而它所产生的心电向量，就远不是上面所介绍的细胞的除极和复极那样单纯。心肌的除极和复极，不仅各部分顺序时间不同，电位大小也有差异，而且在同一时间内有众多不同方向的心电向量同时发生。面对这一瞬间众多的而又方向不同的心电向量，电流计记录到的将是什么样的结果呢？这时所记录得的，是一综合了各方向和各种量的综合向量。物理学实践证明，如果同时有两个以上向量存在，它的最终向量将是这些向量的合力，亦即综合向量。综合向量的形成规律是：同向者相加，反向者相减；方向呈不同角度时，则按平行四边形法则求其综合向量。此时两个向量各为平行四边形的相邻两边，而其对角线则为其综合向量。由此可知心脏在除极与复极过程中各产生了一系列连续不

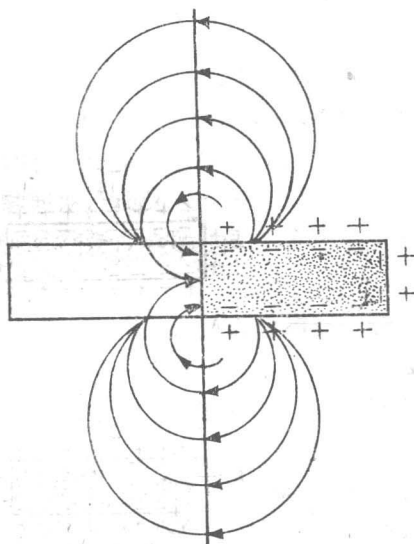


图 2-1 心肌细胞除极过程电位变化示意图

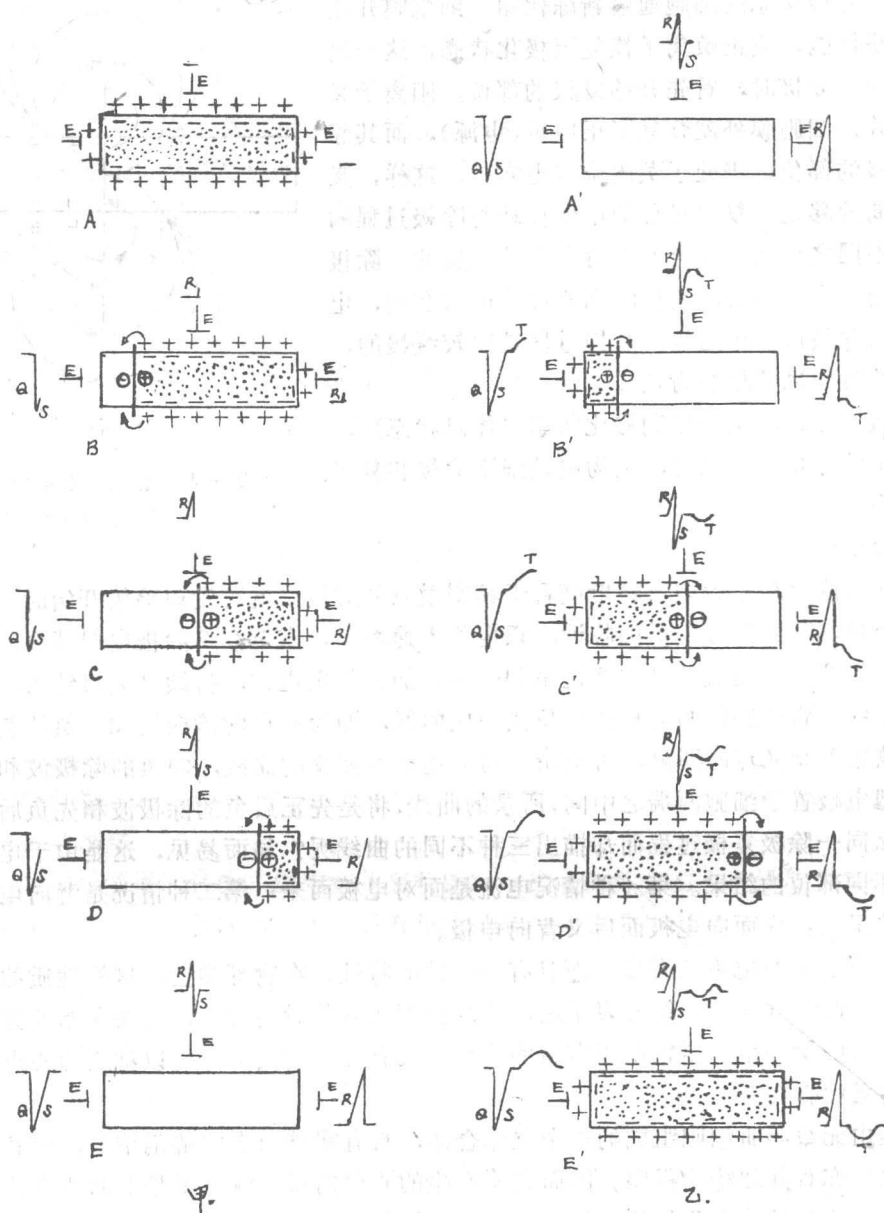


图 2—2 细胞除极和复极示意图

甲、细胞除极示意图，乙、细胞复极示意图

断的综合向量，这每一瞬间所产生的综合向量，称为心电瞬间向量。

五、心电瞬间向量与空间向量环

心脏在除极与复极过程中产生了一系列的心电瞬间向量，这些瞬间向量具体的量和方向是怎样的？这就要从心脏除极与复极的程序和形式的特殊性谈起。

在每一心电周期开始，心房首先除极接着进行复极，当心房复极尚未告终时，就开始心室除极，随后才有心室复极。

正常心脏激动的发源地为窦房结，此结位于右心房顶部上腔静脉入口处之界沟内，所以心房除极先从右心房上部开始，向右、左心房扩展，右心房全部首先完成除极，左心房后部最后除极，心房除极就告结束。整个心房除极共需时约0.10秒。心房除极所产生的综合向量是这样的：最初的一些瞬间向量是向下、向前，其后逐渐转向左，而终末部分则向左向后。如将这些各瞬间综合向量连接起来，则可发现心房全部除极过程所产生的的是一个不断变换其量和方向的环状综合向量，称为P环，就是心房除极的空间向量环。

心房除极之后，就进行复极。复极所产生的电位变化虽与除极相当，但因分布在一较长的时间内，无法明确划分其界限，或与心室除极相重，或波幅低平而不易辨认。

在心房除极后不久，心室开始除极。由于心室结构和传导系统分布的特殊性，它的除极远比心房复杂。心室除极始于左束支室间隔分支，由心室间隔后上部左侧，向右穿越间隔，向下传至心尖；稍后由右束支下传的激动使室间隔近心尖部的右侧进行除极。随后，激动通过左、右束支，迅速传至左、右心内膜下网，使心室壁之肌肉由心内膜下向心外膜下进行除极。因为右心室壁明显的较左心室壁为薄，右心室除极全部结束后，左心室部分室壁仍在继续除极，直至左室后底部最后除极才终止。整个心室肌除极所需要的时间，约为0.06秒—0.08秒，在这个过程中产生了一系列连续不断的瞬间向量。我们可以选出其中有代表性的几个瞬间综合向量，如0.005秒、0.015秒、0.025秒、0.04秒、0.06秒，以具体了解心室除极向量变化情况。

除极开始0.005秒时，从室间隔左侧后上部向右前下方进行，产生了向右向下偏前方的综合向量，此时除极面积甚小，这一瞬间向量亦较小。除极过程进行到0.015秒时，近心尖部左右心室的心内膜下心肌自内往外除极。由于这时左室除极面大于右室，所以这一瞬间向量开始偏向左前，随着除极面积的增大，瞬间向量亦较前增大。至0.025秒时，除极过程已扩展至左右两心室，使其心内膜下心肌全部除极，除极面更加增大，产生了一向左偏上较大的综合向量。除极继续进展到0.04秒时，较薄的右室绝大部分已除极完毕，而较厚的左室仍在继续除极，这形成了更向左向上偏后的大综合向量。除极过程的最后一刹那（0.06秒），除极局限于左室后底部的剩余小部分心肌，产生了一个小而向后的综合向量。随之除极完毕，心电向量亦不再产生。如果把这无数的、连续不断变换量和方向的瞬间综合向量连接起来，就形成心室除极的空间向量环，即QRS环。

心室除极完毕后就开始复极，不同于除极的是，复极不受传导系统影响，而是在各部分心肌中同时进行，其过程亦较除极长4—5倍。在复极过程所产生的一系列瞬间向量同样也形成一空间向量环，称为T环。

综上所述，就可得知心脏每激动一次就先后产生P、QRS、T空间心向量环。这些向量环就是心电图各种波形形成的物质基础。它们可被心电向量机记录成各种平面的心向量图，被心电图机描成不同导联的心电图。

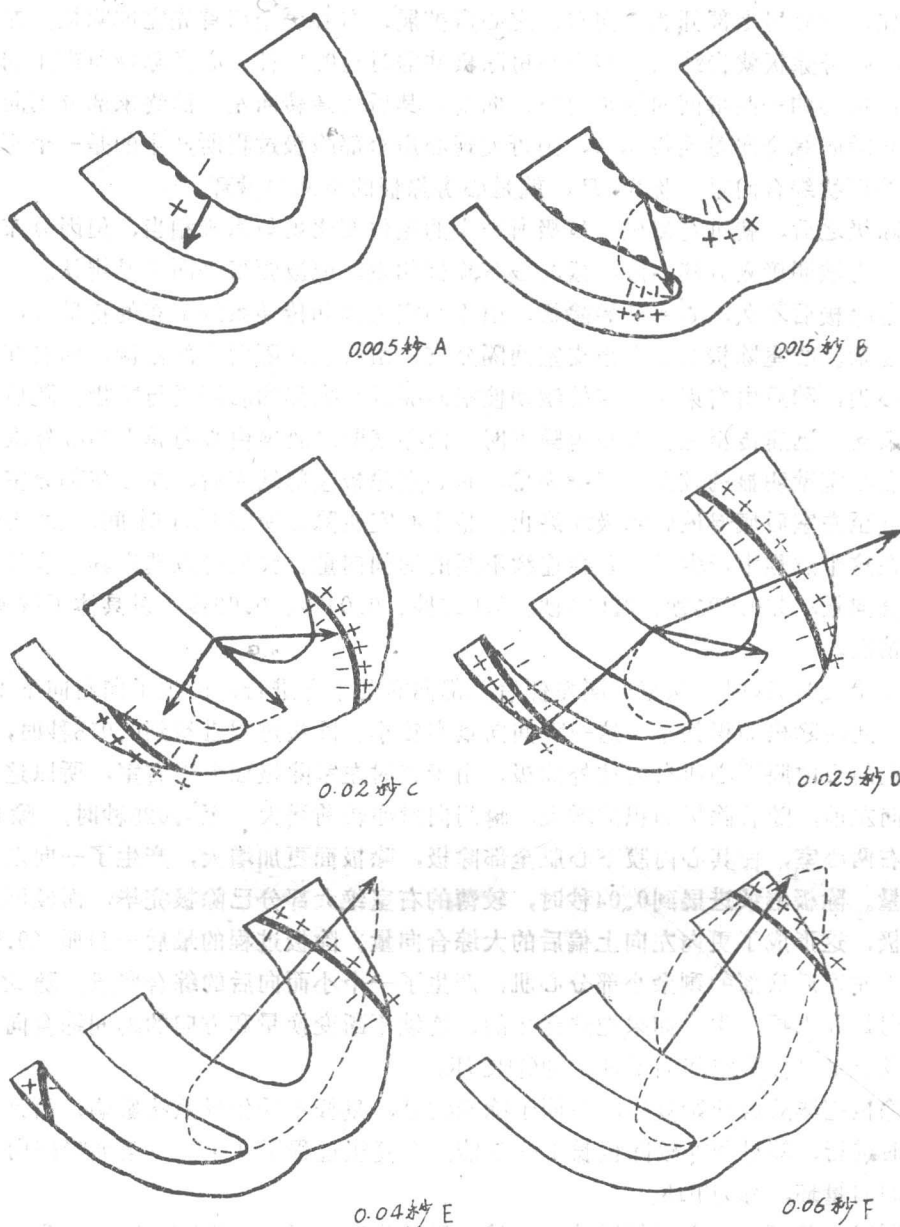


图2——3 心室除极程序及QRS向量形成的示意图

这是一个心室的纵切面（额面切面）的图解，除极波以额面中上、下及左、右两个方向来表示。于0.02及0.025秒时（C及D），为便于分析，室间隔的除极向量省略了，因此时室间隔自其左右两侧面同时进行除极，产生的电影响互相抵销。图中虚线表示QRS向量环。

第三章 容积导电与导联

容积导电

心脏除极过程中产生了电位变化,用电流计放置于心脏表面可测量出来,放置于体表及粘膜同样可以测出。在人体内部的脏,其电位变化为什么能够从体表测出呢?这就是容积导电的结果。

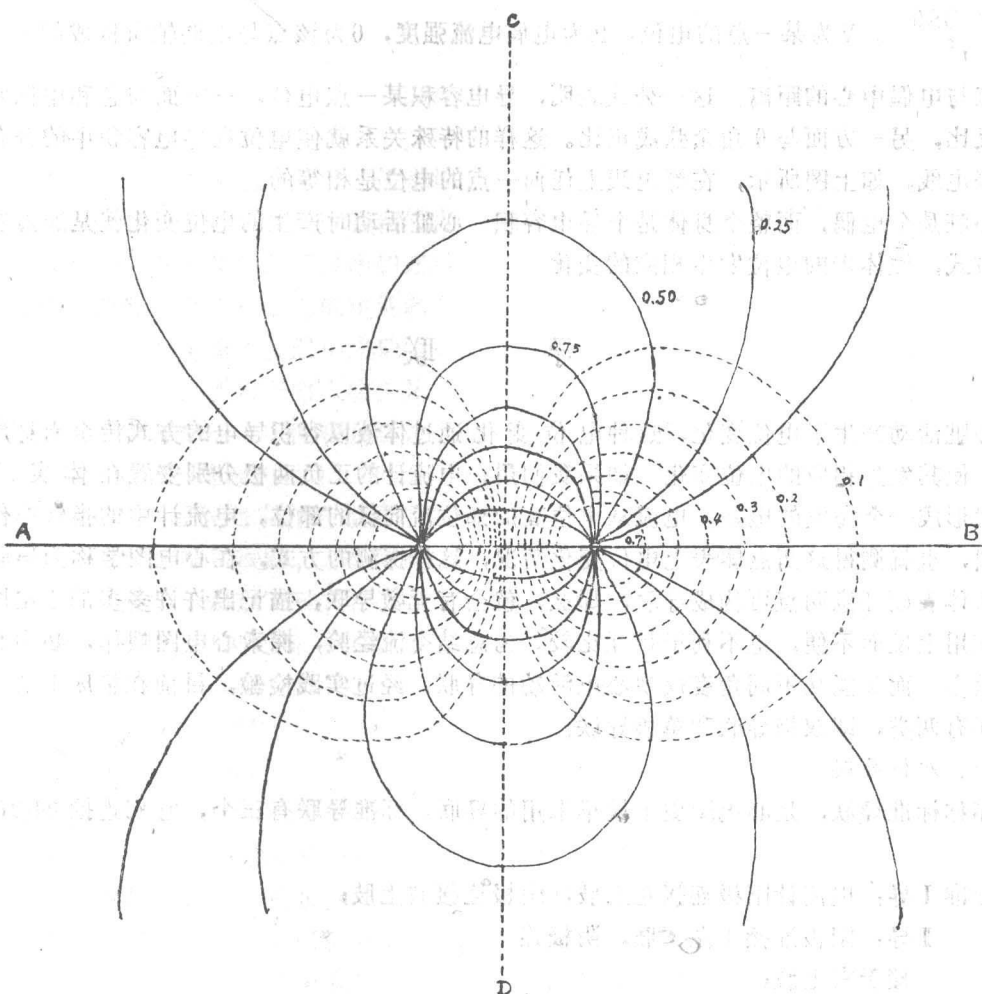


图 3-1 容积导电示意图 (容积导体内电位差分布)

金属是良好的导体，金属导电是大家所熟知的。除金属以外，含有电解质的溶液也可以导电，这就叫做容积导电。容积导电可用下列试验证明：把连接于电池的导线两端插入盛满生理盐水的容器中，由于食盐在水中可分解 Na^+ 和 Cl^- ，当溶液通入电流时，在静电引力下，正负离子分别向电荷相反的电极移动，即 Na^+ 移向阴极， Cl^- 移向阳极。正离子到达阴极取得了电子，使阴极电子减少，并抵销掉本身原来所带的正电，变为电荷中性的原子，负离子则在阳极放掉电子，使阳极电子增加，自身也变为电荷中性的原子。由于正负离子运动，阴极不断失去电子和阳极不断获得电子的缘故，阴极电子就好像不断地通过溶液到达阳极一样，从而发生了电解质水溶液的导电现象。此时溶液中各处布满了强度不同的电流，也就是说，溶液中各处均有一定的电位。容积导电中电位变化规律是：近阳极一侧为正电位，近阴极一侧为负电位，两极间相等的部位电位等于零。距电偶越近电位越强，越远则越弱。实验结果证明，容积导电中各点电位的强度是与它和电偶中心的距离平方成反比；同时电位的强弱还与该点和电偶轴所构成的角度密切相关：角度愈小，电位愈强；角度愈大，电位愈弱；如果与电偶形成直角，则不论电偶电位如何，该点电位恒为零。这样的关系用公式表明，则是 $V = \frac{EC\cos\theta}{r^2}$ 。V为某一点的电位，E为电偶电流强度， θ 为该点与电偶轴所构成的角度，r

为该点与电偶中心的距离。这一公式表明，导电容积某一点电位，一方面与它和电偶中心距离成反比，另一方面与 θ 角余弦成正比。这样的特殊关系就使电位在导电容积中的分布成特殊的等电线，如上图所示，在等电线上任何一点的电位是相等的。

心脏是个电偶，而整个身体是个导电容积。心脏活动时产生的电位变化就是通过容积导电的方式，使体表的电位发生相应的变化。

导 联

心脏活动产生了电位变化，这种电位变化通过体液以容积导电的方式传至周身皮肤及粘膜，使其发生相应的电位变化。如果我们用一电流计的正负两极分别安置在体表任何两点，就形成一个完整的电路，电流从电位高的部位流向低的部位，电流计中的指针亦作相应的偏斜，也就测得这两点体表上电位变化情况，这样探测的方式，在心电图学称为导联。既然以人体表面任意两点可构成导联，那么，就会有无数导联，描记出许许多多的心电图，在实际应用上反而不便，也不利于相互比较。为总结交流经验，探索心电图规律，必须有数量并不繁多，而又能从不同角度反映心电活动的导联。经过实践检验，目前在临床上统一沿用的导联有两类，即双极导联和单极导联。

一、双极导联

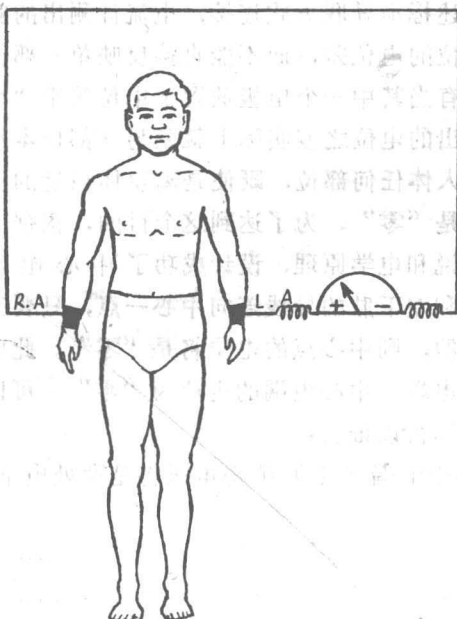
亦称标准导联，是心电图史上最早采用的导联。标准导联有三个，它们连接的方式如下：

标准 I 导：电流计阳极连接左上肢，阴极连接右上肢；

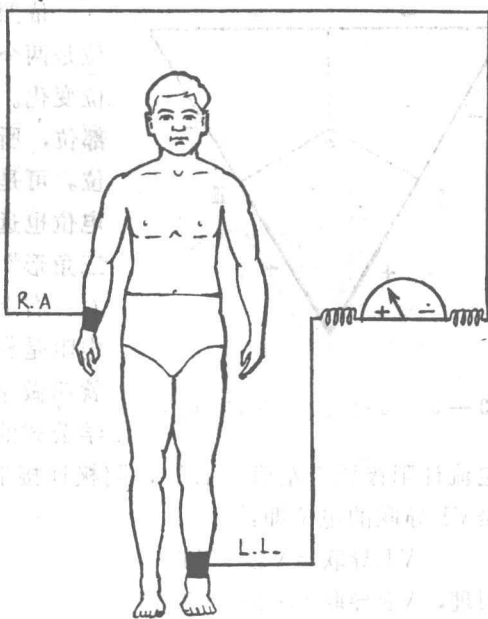
II 导：阳极连接于左下肢，阴极连接于右上肢；

III 导：阳极连接于左下肢，阴极连接于左上肢。

导联 I



导联 II



标准导联是根据“等边三角形”假说设计的。此假说认为：(1) 人体系一容积导体的平面；(2) 左、右上肢和左下肢间的连线构成一等边三角形；(3) 心脏的电活动为位于此三角形中心的电偶。实践中发现，当正负极如此安置时，大多数正常人在上述三个导联中，心电图描记的心室除极波以向上的正波为主。心电图学以英文VL、VR、VF分别代表左上肢、右上肢和左下肢的电位（按设计原理连接标准导联时，任意采用那侧下肢都可，一般统一用左下肢），所以三个标准导联可写成如下的公式：

$$I = VL - VR$$

$$II = VF - VR$$

$$III = VF - VL$$

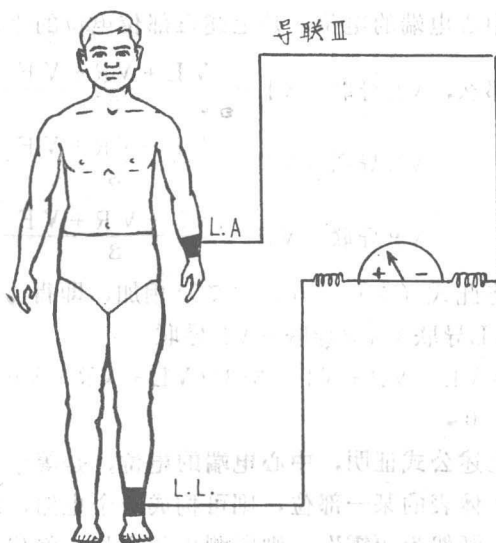


图 3-2 标准肢体导联的联线方式

根据上述公式可以得知：

$$I + III = VL - VR + VF - VL = VF - VR$$

而VF-VR即代表II导电位差，从这个公式表明： $I + III = II$ 。这一关系在心电图学上可以清楚的反映出来，有时可以利用这一点来发现一些技术性误差。

标准导联既是按等边三角形表示三个导联之间的关系，此三角形的上、右、左边分别代表I、II、III导联的导联轴，按正负电极连接的规定，I导联轴中点左侧为正，右侧为负；II导联轴中点下方为正，上方为负；III导联轴中点下方亦为正，上方亦为负。

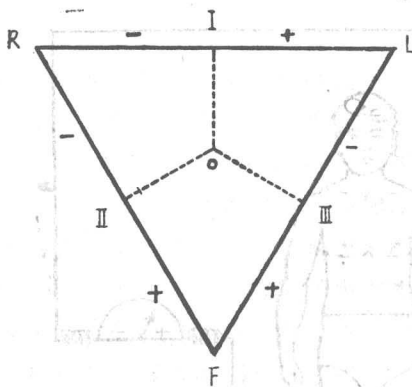


图 3—3 准标肢体导联的导联轴

二、单极导联

依照上述标准导联方式连接，电流计测出的实际电位是两个部位的电位差，而不能直接反映单一部位的电位变化。只有当其中一个电极放置于电位等于“零”的部位，所测出的电位之差实际上就是另一部位本身的电位。可是在人体任何部位，即使是离躯体最远的肢端，电位也远不是“零”，为了达到这个目的，根据“等边三角形”假说和电学原理，设计成功了中心电端：将左、右上肢和左下肢的导线连向中心一点，只要三者的电阻是相等的，则中心点的电位将是“零”。此中心点就叫做中心电端。中心电端的电位为“零”，可以从数学公式的运算得以证实：

电流计阳极置于左肩（L），阴极连接于中心电端（T）测得电压将是两处电位差，也就是VL导联的电位即：

$$VL \text{ 导联} = VL - VT \quad \dots\dots (1)$$

$$\text{同理，} VR \text{ 导联} = VR - VT \quad \dots\dots (2)$$

$$VF \text{ 导联} = VF - VT \quad \dots\dots (3)$$

$$\text{中心电端的电位，是上述三部位电位的平均值，即：} VT = \frac{VL + VR + VF}{3} \quad \dots\dots (4)$$

$$\text{那么，} VL \text{ 导联} = VL - \frac{VL + VR + VF}{3} \quad \dots\dots (5)$$

$$VR \text{ 导联} = VR - \frac{VL + VR + VF}{3} \quad \dots\dots (6)$$

$$VF \text{ 导联} = VF - \frac{VL + VR + VF}{3} \quad \dots\dots (7)$$

将此式（5）（6）（7）相加，即得

$$\begin{aligned} & VL \text{ 导联} + VR \text{ 导联} + VF \text{ 导联} \\ &= VL + VR + VF - 3/3 (VL + VR + VF) \\ &= 0 \end{aligned}$$

上述公式证明，中心电端的电位，是等于“零”的。当电流计负极连于中心电端，正极放置于体表的某一部位，则可构成一个电路，测出这一部位和中心电端的电位差，中心电端的电位既然为“零”，则所测出的电位，就代表探测部位本身的电位。用这样方式连接的导联，称为单极导联。连接于中心电端的负电极叫做无干电极，其阳电极称为探查电极。“等边三角形”假说与人体实际情况是不完全相符合的，所以中心电端的电位，实际上不等于零，只是接近于零，一般不超过 $\pm 0.3\text{mv}$ ，所以仍可作为无干电极使用。

单极导联有单极肢导与单极胸导二种，前者探查电极放置于某一肢体，后者探查电极放在胸部心脏附近的一些位置，现分别作一介绍。

三、单极肢导

单极肢导有三个，即：

1. 负极与中心电端相连，正极置于左上肢，成为左上肢单极导联，简写为VL；

2. 负极与中心电端相连，正极置于右上肢，成为右上肢单极导联，即VR；

3. 负极与中心电端相连，正极置于左下肢，成为左下肢单极导联，即VF。

实践中发现，用单极肢导描记的心电图波形，波幅较小而不易辨认，继而创立了目前临床上常规采用的加压单极肢导，这种导联电极的联接方法和单极肢导基本相同，只是在描记某一导联时，将那个肢体与中心电端的联系断绝即成。例如描记左上肢加压单极导联时，探查电极仍放置于左上肢，无干电极只与右上肢和左下肢相连。依此类推，就可分别联成右上肢加压单极导联和左下肢加压单极导联，心电图上在VL、VR和VF之前分别加以小写的“a”字，即aVL、aVR和aVF，以示和单极肢导相区别。

采用加压单极肢导描记的心电图，其波形和单极肢导大体相同，而其幅度却比单极肢导增高了1/2，这一事实可从下列公式计算得以证实。以aVL为例，按照导联连接原理，aVL的电位等于VL电位减去右上肢和左下肢电位平均值。即：

$$aVL \text{ 导联} = VL - \left(\frac{VR + VF}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (1)$$

而单极左上肢导联的电位，等于左上肢减去中心电端的电位，中心电端电位是VL、VR、VF电位之平均值，即1/3 (VL + VR + VF)

$$\text{所以 } VL \text{ 导联} = VL - 1/3 (VL + VR + VF) \quad \dots\dots\dots (2)$$

若将式(1) × 2，则得：

$$\begin{aligned} 2aVL \text{ 导联} &= 2VL - (VR + VF) \\ &= 2VL - VR - VF \quad \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

若将式(2) × 3，则得：

$$\begin{aligned} 3VL \text{ 导联} &= 3VL - (VL + VR + VF) \\ &= 2VL - VR - VF \quad \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

从式(3)与式(4)可以得知：

$$3VL \text{ 导联} = 2aVL \text{ 导联}$$

$$aVL \text{ 导联} = 3/2 VL \text{ 导联} = 1.5 VL \text{ 导联}$$

四、六轴系统

三个加压单极肢导亦可按“等边三角形”假说用几何图形表示它们之间的关系。等边三角形的左顶角和Ⅱ导联轴中点连线代表aVL导联轴；右顶角和Ⅲ导联轴中点连线代表aVR导联轴；底角和Ⅰ导联轴中点连线代表aVF导联轴，三导联中点，亦即等边三角形中心，代表心脏电偶的位置。按照电极放置的规则，导联轴中点两侧，分别代表正负侧，近电极的一段，即由角至中心一段为正，超过中心点至边的一段为负。上述三个标准导联的轴和三个加压单极肢导的轴共有六个。如将三个标准肢导的轴（亦即等边三角形的三个边）平行移位，其中点与三个加压单极肢导的中点同在一个点时，则形成互成30°角的导联轴系统，称六轴系统。这六个轴的各自角度如下：

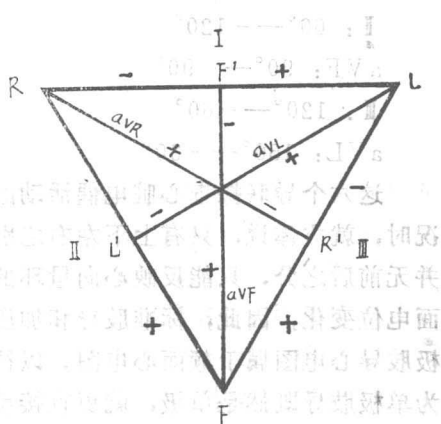


图3—4 加压单极肢体导联的导联轴

$I: 0^\circ - \pm 180^\circ$
 $aVR: 30^\circ - -150^\circ$
 $II: 60^\circ - -120^\circ$
 $aVF: 90^\circ - -90^\circ$
 $III: 120^\circ - -60^\circ$
 $aVL: 150^\circ - -30^\circ$

这六个导联探查心脏电偶活动情况时，就立体说，只有上下左右之别，并无前后之分，只能反映心向量环的额面电位变化，因此，标准肢导和加压单极肢导心电图属于额面心电图。以往认为单极肢导既然是单极，就更直接反映其面对电极部位心肌的电位变化，如 aVL 能反映左侧壁， aVF 能更好地反映膈面心壁的电位，但随着心向量图的进一步研究，已认识到这一概念是不正确的。单极导联和双极导联如果有所不同的话，只是在于其电轴方向的差别，各自从不同角度反映心脏的同一综合向量，而绝无本质的区别。

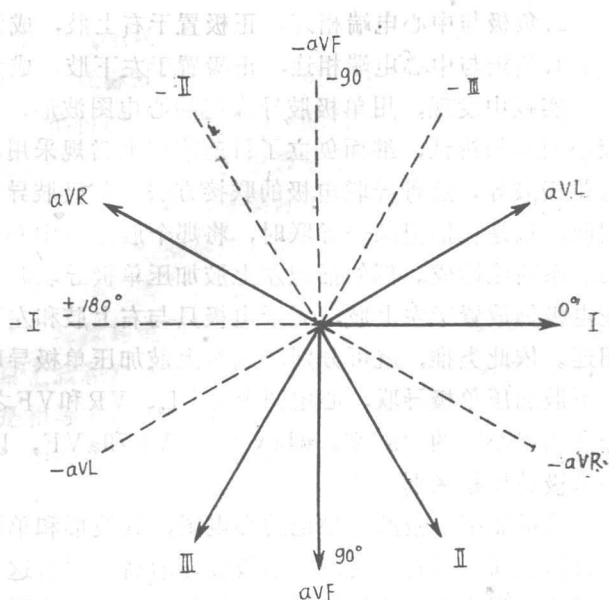


图 3—5 额面肢体导联的六轴系统图解

五、矫正六轴系统

上述六轴系统是根据“等边三角形”假设建立起来的，它与人体的实际情况是不完全符合的。诸如，人体的心脏不是在胸腔正中，而是偏向左下；心脏和左、右肩与左下肢并非相等距离，它距离左肩比右肩更近，而离左下肢较远。近二十年来在人体模型和尸体上所进行的一系列实验证实，同一电偶在三个标准导联上的电位变化，并不像“等边三角形”假说设计的那样，而是互不相同的。它们之间的比例关系大体是： $I:II:III$ 为 $1.0:1.8:2.2$ 。根据这一比例画成三角形就不是等边三角形，而是一斜三角形。此三角形三个边分别代表 I 、 II 、 III 导联轴，三边中点至对角的连线分别代表 aVL 、 aVR 、 aVF 三个导联轴。这样建立起来的六轴系统称为矫正六轴系统。“等边三角形”假说认为，同一电偶在各导联所反映的电位是相等的；而矫正六轴系统证明，同一电偶在各导联轴上的电位是不相等的。如前所述， I 、 II 、 III 导联的比例关系是 $1.0:1.8:2.2$ ，因而假设同一电偶在 I 导电位是 1mv ， II 导为 1.8mv ， III 导则为 2.2mv 。对这些情况应有所了解。

六、单极胸导

阳极（探查电极）放置于胸廓某一固定部位，阴极连于中心电端（无干电极），这样的导联称为单极胸导，通常采用的有六个，分别以 V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 、 V_5 、 V_6 名之，各导的探查电极放置的位置如下：

- V_1 : 胸骨右缘第四肋间；
- V_2 : 胸骨左缘第四肋间；
- V_3 : V_2 与 V_4 连线的中点；
- V_4 : 左第五肋间锁中线处；
- V_5 : V_4 水平线与左腋前线交点；

V_6 : V_4 水平线与左腋中线交点。

有时, 须加做 V_7 、 V_8 、 V_3R 、 V_4R 等导联, 其位置是:

V_7 : V_4 水平线在左腋后线交点;

V_8 : V_4 水平线与左肩胛线交点;

V_3R : 右侧胸壁相当于 V_3 处;

V_4R : 右侧胸壁相当于 V_4 处。

和肢导不同, 单极胸导探查电极放置的位置各导间上下方位差别是不大的, 但却有前后左右的方位差异, 所以它基本上是横面心电图。单极胸导能反映心电向量前后方位上的变化, 而这样的方位变化在各肢导额面心电图上是不能得到反映的。也就是说, 它能补充肢导的不足, 可发现一些肢导所不能发现的问题。胸导的探查电极更接近于心脏本身, 因而它在反映横面心电综合向量的同时, 还能较直接地反映相应的局部心肌的电位变化。如 V_1 能更多地反映右室电位, V_5 则更多的反映左室电位。单极胸导各导联的导联轴可视其处于同一平面, 从中心点按相应角度幅射的线, 即为各导联的导联轴。由探查电极至中心点的一段为正, 超过中心点的延长线为负。

胸导中的 V_1 、 V_3 、 V_5 加上三个标准导联和三个加压单极肢导共九个导联, 一般情况下已能比较全面地反映心电向量, 被定为常规导联。

七、其他导联

在某些特殊情况下, 尚须加做一些附加导联。附加导联通常在什么情况下才做呢? 这将在以后讨论。这里先介绍一下这些导联的联接法。

属单极导联的, 有:

剑突导联 (VE): 探查电极置于剑突软骨处;

脐导联 (V_o): 探查电极置于脐部;

剑下导联 (VE_o): 探查电极置于剑突与脐部连线的中点;

食道导联 (E): 由鼻前孔将电极送入食道, 电极位置与鼻前孔之距离 (厘米) 数字代表其位置:

$E_{2.5}$ 至 $E_{4.0}$ 为心房平面;

$E_{4.1}$ 至 $E_{4.6}$ 为房室过渡区;

$E_{5.0}$ 至 $E_{6.0}$ 为心室平面。

心内导联: 通过静脉导管将探查电极送入右房或右室, 即为右房导联或右室导联。

属双极导联的, 有:

胸骨导联: 正极置于剑突, 负极置于胸骨柄;

胸背导联 (CB): 正极置于胸导位置, 负极置于左肩胛角。例如正极置于 V_4 部位时, 则为 CB_4 导;

肢胸导联: 负极放置于左、右上肢或左下肢, 正极放在胸部一定位置, 构成肢胸导联, 如 CF_2 , 即正极在 V_2 处, 负极在左下肢联成。